يوميات الشرق

تطوير طريقة محتملة للتنبؤ بالزلازل



منظر جوي لصدع سان أندرياس (مكتبة الكونغرس)

القاهرة: «الشرق الأوسط»

نُشر: 16:52-7 يونيو 2025 م . 11 ذو الحِجّة 1446 هـ

طوّر باحثون، من جامعة جنوب كاليفورنيا الأميركية، نموذجاً للزلازل في المختبر يربط منطقة التماس بين أسطح الصدوع باحتمالية وقوع الزلازل.

ويُظهر البحث الجديد، الذى نُشر في دورية «بروسيدنجز أوف ناشيونال أكاديمي أوف ساينسيز»، العلاقة بين الاحتكاك الذى يجري على المستوى المجهري الدقيق ووقوع الزلازل، مُقدماً رؤى جديدة في ميكانيكا الزلازل والتنبؤ المحتمل بوقوعها.

قال سيلفان باربو، الأستاذ المشارك في علوم الأرض بكلية دانا وديفيد دورنسيف للآداب والفنون والعلوم بجامعة جنوب كاليفورنيا، والباحث الرئيسي في الدراسة: «لقد فتحنا نافذة جديدة على أهم جزء في ميكانيكا الزلازل».

وأضاف: «بمراقبة كيفية تطور منطقة التماس الحقيقية بين أسطح الصدوع خلال دورة الزلزال، يمكننا تفسير كل من التراكم البطيء للإجهاد في تلك الصدوع والتمزق السريع الذى يليه والذي قد يؤدي في المستقبل، إلى مقاربات جديدة لرصد نوى منشأ الزلازل والتنبؤ بها في مراحلها المبكرة».

واعتمد العلماء، لعقودٍ، على قوانين الاحتكاك التجريبية «المعدل والحالة» لنمذجة وقوع الزلازل، وهي أوصاف رياضية فعالة لوصف سلوك الاحتكاك بين الأسطح، لكنها لا تشرح الآليات الفيزيائية الكامنة وراءها، في حين يقول باربو: «يكشف نموذجنا ما يحدث فعلياً عند واجهة الصدع، خلال دورة الزلزال»، مؤكداً أن هذا الاكتشاف مفهوم بسيط بشكل مخادع: «عندما ينزلق سَطحان خشنان على بعضهما البعض، فإنهما لا يتلامسان إلا عند تقاطعات دقيقة ومعزولة تغطي جزءاً صغيراً من إجمالي مساحة السطح».

لقد تبيَّن أن «مساحة التلامس الحقيقية» - وغير المرئية للعين المجردة وإن كانت قابلة للقياس من خلال التقنيات البصرية - هي متغير الحالة الرئيسي الذي يتحكم في سلوك الزلزال».

واستخدم الباحثون مواد أكريليك شفافة أتاحت مشاهدة تصدعات الزلازل في الوقت الحقيقي. وباستخدام كاميرات عالية السرعة وتقنيات قياس بصرية، تتبَّع الفريق كيفية تغير نفاذية ضوء الليد LED مع تشكل تقاطعات التلامس ونموها وتدميرها أثناء محاكاة الزلازل بالمختبر.

وقال باربو: «يمكننا فعلياً مشاهدة تطور منطقة التماس مع انتشار التصدعات. وخلال التصدعات السريعة، نرى ما يقرب من 30 في المائة من منطقة التماس تختفي في غضون ميلي ثانية - وهو ضعف كبير يُسبب الزلزال».

وكشفت النتائج المخبرية عن علاقة كانت مخفية سابقاً، ويُقدم هذا الاكتشاف أول تفسير فيزيائي لمفهوم رياضي كان محورياً في علم الزلازل منذ سبعينات القرن الماضي. وحلل الباحثون 26 سيناريو محاكاة مختلفاً للزلازل، ووجدوا أن العلاقة بين سرعة التصدع وطاقة الكسر تتبع تنبؤات ميكانيكا «الكسر المرن الخطي».

ونجحت عمليات المحاكاة الحاسوبية التي أجراها الفريق في إعادة إنتاج الزلازل البطيئة والسريعة في المختبر، حيث طابقت ليس فحسب سرعات التصدع وانخفاضات الإجهاد، ولكن أيضاً كمية الضوء المنبعثة عبر واجهة الصدع أثناء التصدعات.

ومع تغير مناطق التماس خلال دورة الزلزال، فإنها تؤثر على خصائص متعددة قابلة للقياس، بما في ذلك التوصيل الكهربائي، والنفاذية الهيدروليكية، وانتقال الموجات الزلزالية. وتشير الأبحاث إلى أن مراقبة الحالة الفيزيائية لمناطق التماس الصدعية يمكن أن توفر أدوات جديدة لأنظمة الزلازل قصيرة المدى، وربما للتنبؤ الموثوق بالزلازل باستخدام التوصيل الكهربائي للصدع.

وأضاف باربو: «إذا تمكّنا من مراقبة هذه الخصائص باستمرار على الصدوع الطبيعية، فقد نتمكن من اكتشاف المراحل المبكرة من تكوُّن النواة الزلزالية». وتابع: «وقد يؤدي هذا لمقاربات جديدة لتكوُّن النواة الزلزالية في مراحلها المبكرة، قبل وقت طويل من إشعاع الموجات الزلزالية».

ويخطط الباحثون، الآن، لتوسيع نطاق نتائجهم خارج ظروف المختبر. وهو ما علق عليه باربو قائلاً: «تخيلوا مستقبلاً يمكننا فيه رصد تغيرات طفيفة في ظروف الصدع قبل وقوع الزلزال، هذه هي الإمكانات طويلة المدى لهذا العمل».

مواضيع زلزال أميركا
